Włącznik sterowany radiowo

AVT 5407

Nieskomplikowane urządzenie pełniące rolę sterowanego radiowo przekaźnika mogącego włączyć lub wyłączyć zasilanie odbiornika. Nasz włącznik idealnie sprawdzi się w sytuacjach, w których potrzebujemy włączyć zasilanie urządzenia umieszczonego w niedostępnym miejscu. Może to być na przykład router lub modem wymagające restartu itp.

Rekomendacje: włącznik uniwersalny, który może przydać się w wielu zastosowaniach związanych np. z automatyką domową.



W ofercie AVT*
AVT-5407 A

Podstawowe informacje:
- Niezależne sterowanie dwoma przekaźnikami.
- Praca w paśmie ISM.
- Zasięg do ok. 100 m (zależnie od anten i warunków użytkowania).
- Nie wymaga strojenia.
- Transmisja kodowana i dekodowana sprzętowo.
- Zasilanie nadajnika z baterii 9 V, odbiornika z zasilacza wtyczkowego.

Dodatkowe materiały na CD lub FTP:
ftp://ep.com.pl, user: 62828, pass: 18ofqn10
- wzory płytek PCB
- karty katalogowe i noty aplikacyjne elementów oznaczonych w Wykazie elementów kolorem czerwonym

* Uwaga:
Zestawy AVT mogą występować w następujących wersjach:
AVT xxxx UK to zaprogramowany układ. Tylko i wyłącznie. Bez elementów dodatkowych.
AVT xxxx A płytka drukowana PCB (lub płytki drukowane, jeśli w opisie wyraźnie zaznaczono), bez elementów dodatkowych.
AVT xxxx A+ płytka drukowana i zaprogramowany układ (czyli połączenie wersji A i wersji UK) bez elementów dodatkowych.
AVT xxxx B płytka drukowana (lub płytki) oraz komplet elementów wymieniony w załączniku pdf
AVT xxxx C to nic innego jak zmontowany zestaw B, czyli elementy wlutowane w PCB. Należy mieć na uwadze, że o ile nie zaznaczono wyraźnie w opisie, zestaw ten nie ma obudowy ani elementów dodatkowych, które nie zostały wymienione w załączniku pdf
AVT xxxx CD oprogramowanie (nieczęsto spotykana wersja, lecz jeśli występuje, to niezbędne oprogramowanie można ściągnąć, klikając w link umieszczony w opisie kitu)
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! (UK, A, A+, B lub C). *http://sklep.avt.pl*

Z założenia włącznik powinien działać jak zdalnie sterowany przekaźnik. Te z kolei najczęściej są wytwarzane w dwóch wariantach – przekaźniki astabilne i bistabilne. W pierwszym wypadku przekaźnik przełącza zestyki tylko w momencie podania napięcia na jego cewkę. Drugi typ przełącza zestyki, które pozostają w nowym położeniu nawet po odłączeniu zasilania. Powrót do wcześniejszego położenia następuje po podaniu napięcia o odwrotnej polaryzacji. Zdecydowałem, że projektowane przeze mnie urządzenie powinno mieć możliwość wyboru pomiędzy trybem pracy astabilnym a bistabilnym.

Ponieważ urządzenie ma być sterowane drogą radiową, odbiornikiem będzie sekcja przekaźnika, natomiast urządzenie sterujące czymś w rodzaju pilota, jak te do zdalnego otwierania zamków drzwi samochodu. A jeżeli w zasięgu łączności znajdą się dwa lub więcej zestawów sterujących? W takiej sytuacji odbiornik powinien rozróżniać sygnały sterujące swojego nadajnika i reagować tylko na nie.

Nadajnik składa się z dwóch bloków funkcjonalnych. Pierwszy grupuje elementy sterujące, czyli przyciski i układ do generowania kodu określającego aktualny stan przycisków. W bloku nadajnika znajdują się elementy związane z wysyłaniem sygnału o wysokiej częstotliwości. Odbiornik składa się z trzech bloków funkcjonalnych. Najpierw odebrany sygnał o wysokiej częstotliwości jest wzmacniany i po detekcji ponownie zamieniany na sygnał kodu. W dekoderze następuje sprawdzenia czy odebrana transmisja jest właściwa i przeznaczona dla tego odbiornika. Jeżeli tak, sekwencja kodu jest zamieniana na sygnały sterujące układami wykonawczymi. Są nimi tranzystory i przekaźniki.

Następnym krokiem było dobranie odpowiednich elementów pasujących do schematów blokowych nadajnika i odbiornika.

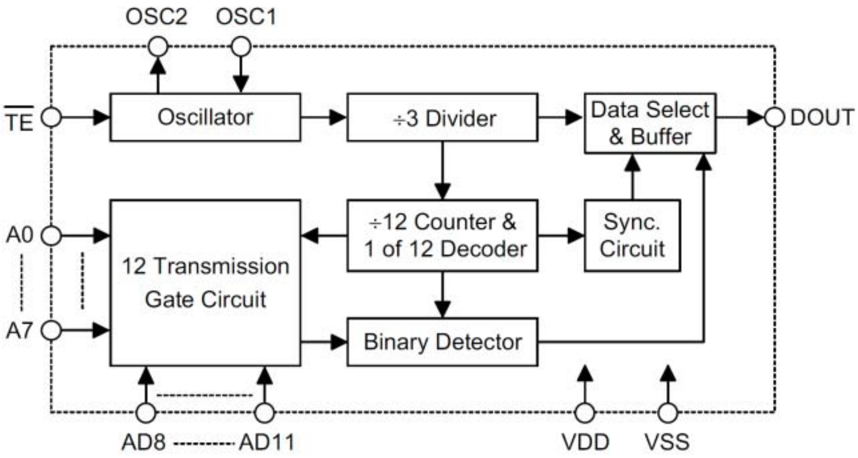
Tor radiowy

Najłatwiejszy okazał się wybór układów radiowych. Firma Velleman produkuje kompletny tor radiowy pracujący w wolnym paśmie 433 MHz o zasięgu nawet do kilkudziesięciu metrów. W skład zestawu wchodzą miniaturowy nadajnik i odbiornik zestrojone na tę samą częstotliwość 433,92 MHz, gotowe do natychmiastowego użycia. Ponadto, nadajnik ponadto ma tę właściwość, że pracuje w szerokim zakresie napięcia zasilającego: 3…12 V. Po dołączeniu zasilania wysyła falę nośną o wysokiej częstotliwości, którą można modulować podając na jego wejście sygnał cyfrowy. Dla wysłania logicznej jedynki sygnał wejściowy powinien mieć napięcie bliskie napięciu zasilania, dla logicznego zera napięcie wejściowe powinno mieć wartość około 0 V.

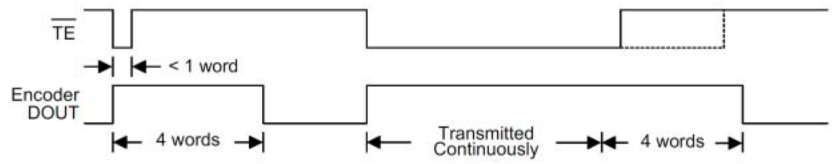
Współpracujący z nadajnikiem moduł odbiornika ma całkiem dobrą czułość -106 dBm. Maksymalna prędkość transmisji wynosi 4,8 kb/s i jest wystarczająca do sterowania przełącznikiem. Pewnym ograniczeniem może być duża szerokość pasma wynosząca ±500 kHz, ale przy pracy z niewielkim zasięgiem zakłócenia nie powinny znacząco pogarszać działania modułu odbiornika. Ponieważ moduł odbiornika wymaga do pracy napięcia stabilizowanego +5 V, to cały układ odbiorczy włącznika będzie zasilany napięciem z zasilacza sieciowego.

Koder i dekoder

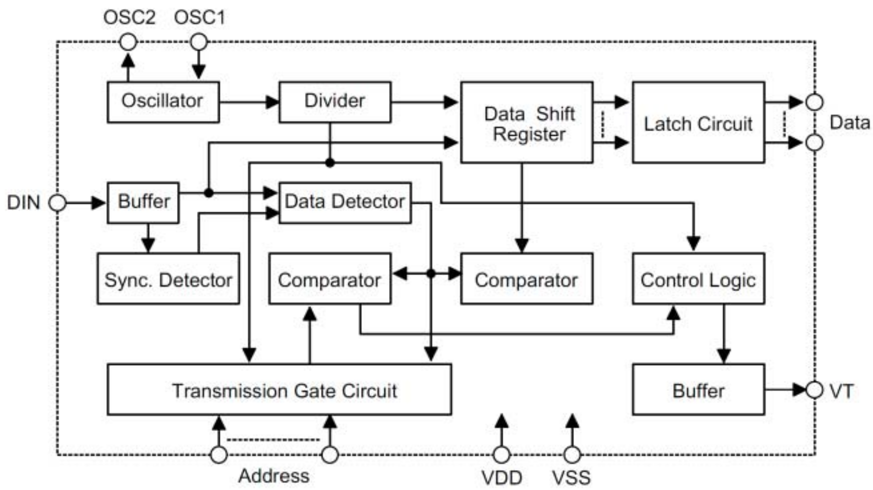
Zgodnie z przyjętymi założeniami nadajnik ma wysyłać do odbiornika sygnał, który spowoduje przełączenie styków przekaźnika w odpowiednie położenie. Dodatkowo, po-



Rysunek 1. Schemat blokowy kodera HT12E



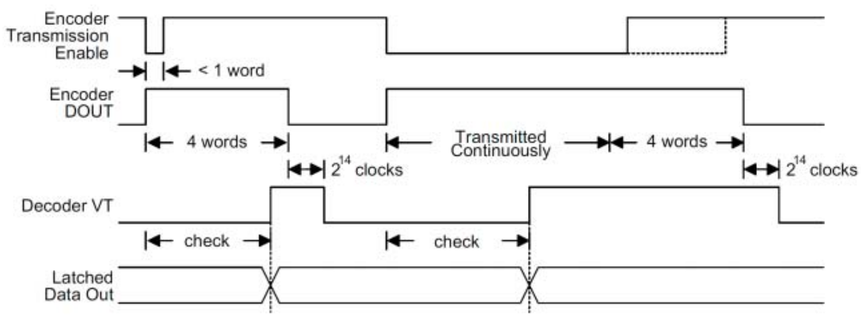
Rysunek 2. Zależność pomiędzy stanem wejścia TE a sygnałem na wyjściu DOUT



Rysunek 3. Schemat blokowy kodera HT12D

winna istnieć możliwość rozróżnienia sygnału wysyłanego przez różne nadajniki, aby odbiornik reagował na sterowanie z tylko przez jeden, wybrany. Z tych powodów sygnał przesyłany pomiędzy nadajnikiem a odbiornikiem musi być bardziej skomplikowany, niż zwykłe włącz i wyłącz. Powinien on być kodowany.

Początkowo pomyślałem o zastosowaniu w roli koderów i dekoderów mikrokontrolerów o niewielkiej liczbie wyprowadzeń. Ale skoro urządzenie miało być łatwe w budowie, to należało poszukać innego rozwiązania. Po przejrzeniu dostępnej dokumentacji okazało się, że są dostępne układy scalone doskonale nadające się do zastosowania w konstruowanym urządzeniu. Są to HT12E i HT12D, komplet koder i dekoder.



Rysunek 4. Przebiegi sygnałów na wyjściach Data i VT układu kodera HT12E

Układy posługują się kodem, który się składa z 8-bitowego adresu i 4 bitów danych. Do sterowania są wykorzystywane wyprowadzenia układów scalonych, które mogą pozostać niepodłączone albo są zwierane do masy. Stan wyprowadzeń wpływa na postać generowanego kodu.

Schemat blokowy kodera HT12E pokazano na **rysunku 1**. Z wyjścia DOUT jest pobierany zakodowany przebieg generowany przez układ. Wejścia A0…A7 są wejściami adresowymi, których sekwencja dla każdego nadajnika powinna być inna i ustawiona na stałe. Wejścia AD8…AD11 są wejściami danych. W opisywanym urządzeniu do dwóch z nich, A8 i A9, dołączono przyciski sterujące, których stan zmienia kod sterujący ustawieniem przekaźników wysyłany do odbiornika. Wejście TE pełni rolę wejścia zezwalającego. Po zwarciu do masy jest uruchamiany wewnętrzny oscylator HT12E i kolejne bity sekwencji generowanego kodu pojawiają się na wyjściu DOUT. Zależność pomiędzy stanem wejścia TE a sygnałem na wyjściu DOUT pokazano na **rysunku 2**.

Zadaniem układu dekodera jest odtworzenie z odebranego sygnału kodu stanu wejść sterujących. Schemat blokowy dekodera HT12D pokazano na **rysunku 3**. Kod z wyjścia radiowego układu odbiorczego jest podawany na wejście DIN. Następnie układ HT12D porównuje bity adresu w przesłanym kodzie z ustawieniem własnych wyprowadzeń oznaczonych na rys. 2 jako *Address*. Jeżeli zostanie wykryta różnica oznacza to, że odebrana transmisja nie jest przeznaczona dla dekodera i zostaje odrzucona. W wypadku zgodności adresów kod jest przetwarzany i wyprowadzenia *Data* dekodera ustawiane są zgodnie z danymi przesłanymi w odebranym kodzie. Jednocześnie na wyprowadzeniu VT pojawia się impuls dodatni informujący o sukcesie odbioru kolejnej transmisji. Na **rysunku 4** przedstawiono przebiegi sygnałów na wyjściach *Data* i *VT*.

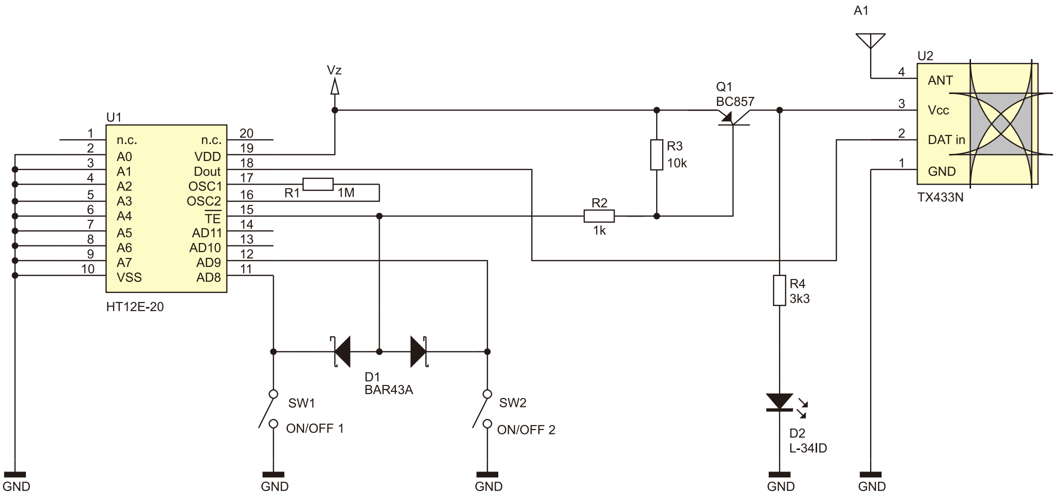
Nadajnik

Schemat ideowy nadajnika pokazano na **rysunku 5**. Funkcję elementów sterujących pełnią dwa przyciski SW1 i SW2. Gdy sterują przekaźnikami pracującymi w trybie astabilnym, w czasie naciskania przycisku styki odpowiedniego przekaźnika będą zwierane, a po zwolnieniu przycisku rozłączane. W trybie stabilnym będzie pracował tylko jeden przekaźnik. Każdorazowe naciśnięcie przycisku SW1 będzie załączało styki przekaźnika, które pozostaną w takim stanie bez względu na kolejne naciśnięcia SW1. Dopiero po naciśnięciu drugiego przycisku SW2 styki przekaźnika zostaną rozwarte. Oba przyciski podłączone są do wejść danych AD8 i AD9 kodera U1. Naciśnięcie dowolne-

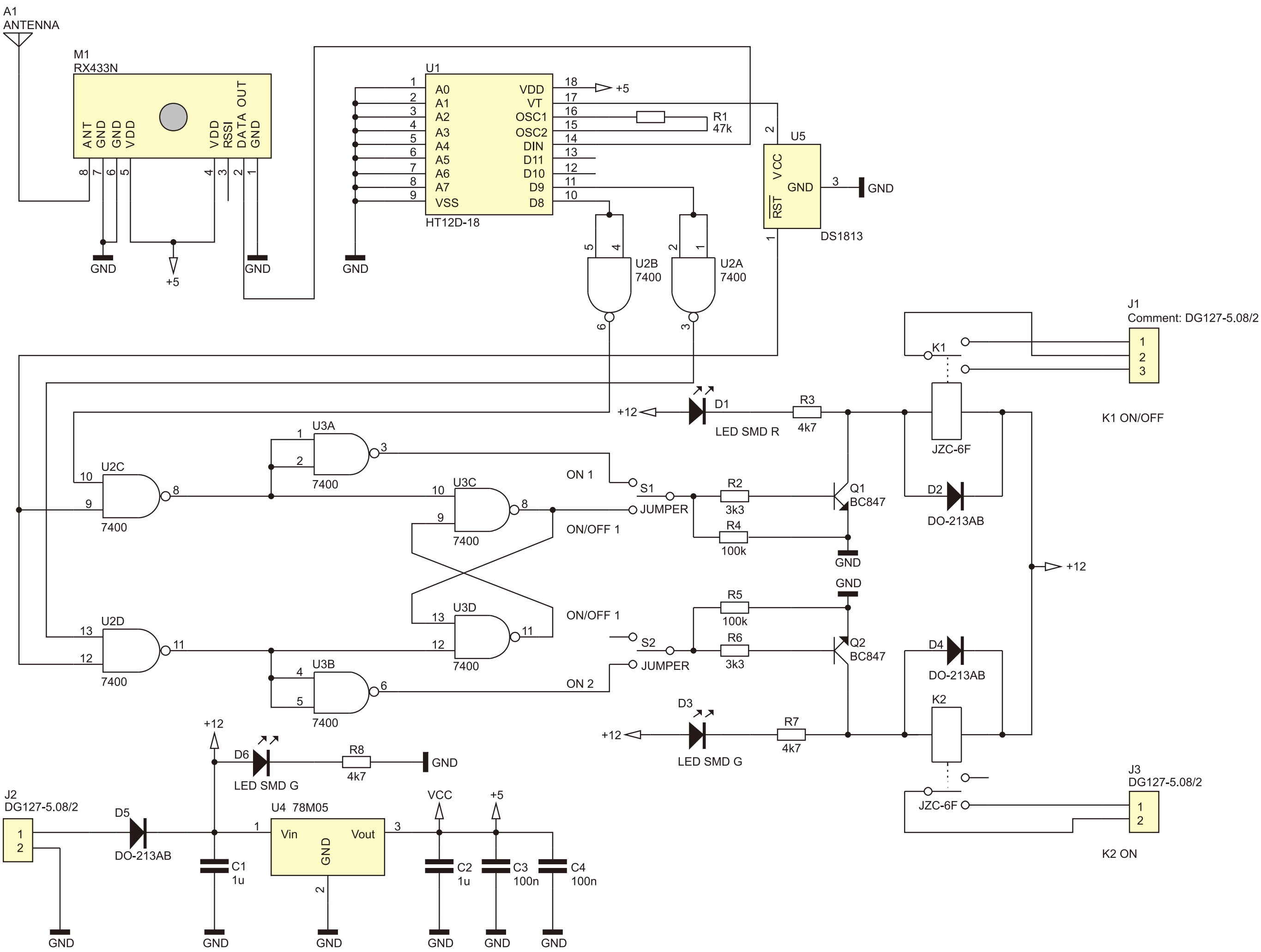
go przycisku pobudza koder do generowania kodu. Z wyjścia DOUT układu U1 wygenerowany kod jest podawany na wejście nadajnika U2 i wysyłany drogą radiową do odbiornika. Do wyjaśnienia pozostaje rola, którą pełnią w układzie podwójna dioda D1 i tranzystor Q1.

W opisie kodera wspomniałem o szczególnej roli wejścia TE. Dopiero zwarcie tego wyprowadzenia do masy spowoduje rozpoczęcie generowania kodu. Naciśnięcie każdego przycisku powinno zatem podawać poziom niski zarówno na sterowane wejście danych AD8 lub AD9, jak i na wejście TE. Gdyby w układzie istniał tylko jeden przycisk, można by było wejście danych i wejście TE ze sobą zewrzeć i dołączyć do przycisku. Ponieważ jednak w układzie nadajnika są dwa przyciski, za pośrednictwem podwójnej diody D1 są one podłączone do wejścia TE i mogą działać niezależnie.

Układ nadajnika powinien być zasilany z małej baterii 9 V lub 6 V. Pojemność baterii jest niewielka i dla przedłużenia jej żywotności najlepiej ograniczyć pobór prądu tylko do momentów, w których nadajnik transmituje dane. Ponieważ w układzie nie przewidziano dodatkowego wyłącznika odcinającego baterię, należało się przyjrzeć obciążeniom wnoszonym przez poszczególne elementy układu. Koder w stanie spoczynkowym pobiera prąd rzędu ułamków mikroampera i obciążenie wnoszone przez niego może być pominięte. Inaczej jest z układem nadajnika U2, który powinien być odcinany od zasilania, gdy nie pracuje. Służy do tego tranzystor Q1. Baza tranzystora poprzez opornik R3 jest na potencjale emitera, co powoduje zatkanie tranzystora i odcięcie zasilania nadajnika U2. Naciśnięcie któregokolwiek przycisku spowoduje podanie na wejście TE poziomu niskiego, a poprzez opornik R2 zmianę potencjału pomiędzy bazą a emiterem tranzystora Q1. Dzięki temu zostanie on otwarty, a nadajnik U2 zasilony. W ten sposób zasi-



Rysunek 5. Schemat ideowy nadajnika



Rysunek 6. Schemat ideowy odbiornika

Tabela 1. Tabela prawdy układu kodera

Wejście 1	Wejście 2	Wyjście Y
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0

lanie do nadajnika U2 jest dołączane tylko w momentach, w których do odbiornika jest wysyłany nowy kod.

Odbiornik

Schemat ideowy odbiornika i sterownika przekaźników pokazano na **rysunku 6**. Sygnał odebrany z nadajnika z wyjścia modułu radiowego M1 jest podawany na dekoder U1 i poprzez układ przełączających bramek logicznych steruje tranzystorami Q1, Q2 i przekaźnikami. Zastosowany układ bramek logicznych umożliwia pracę układu w trybie astabilnym lub stabilnym, wybór dokonywany jest ustawieniami zwór S1 i S2.

Bramki logiczne coraz częściej wypierane są z bezpośredniego użycia przez układy programowalne, więc dla części czytelników sposób ich działania może być mało czytelny. Dla tego najpierw krótkie przypomnienie jak działają te zastosowane w układzie odbiorczym.

W układzie zostały użyte bramki typu NAND. W **tabeli 1** zebrano wszystkie możliwe kombinacje stanów dwóch wejść wpływających na stan wyjścia Y.

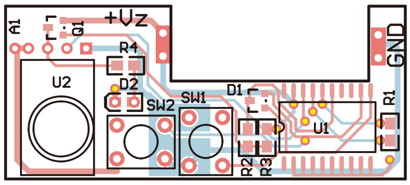
Z tab. 1 wynika, że bramka NAND jest sumatorem negującym. Tylko podanie jedynek na obydwa wejście spowoduje pojawienie się na wyjściu Y stanu niskiego. Ta wiedza jest zupełnie wystarczająca do zrozumienia funkcji, które pełnią bramki w części odbiorczej przełącznika. Najpierw wyjaśnię działanie układu pracującego w stanie astabilnym wybieranym przez ustawienia zwór S1, S2 w pozycjach ON1, ON2.

Naciśnięcie przycisku w nadajniku powoduje w układzie odbiorczym ustawienie odpowiedniego wyjścia U1-D8 lub U1-D9. Po zanegowaniu (proszę spojrzeć do tab. 1) przez bramki U2-A, U2-B sygnał o aktywnym poziomie wysokim podawany jest na wejścia bramek U2-C, U2-D. Na drugie wejścia tych bramek jest podawany dodatni sygnał taktujący z wyjścia VT dekodera U1. Suma logiczna sygnału wynikającego z naciskania przycisku w nadajniku z sygnałem taktującym wyjścia VT spowoduje wyzerowanie wyjścia odpowiedniej bramki U2-C lubU2-D. Po zanegowaniu przez bramki U3-A, U3-B wysoki poziom aktywny steruje tranzystorami Q1, Q2 i jest załączany odpowiedni przekaźnik. Jeżeli przycisk nadajnika zostanie zwolniony, wyjście VT zostaje wyzerowane i przekaźnik lub przekaźniki zostaną rozłączone.

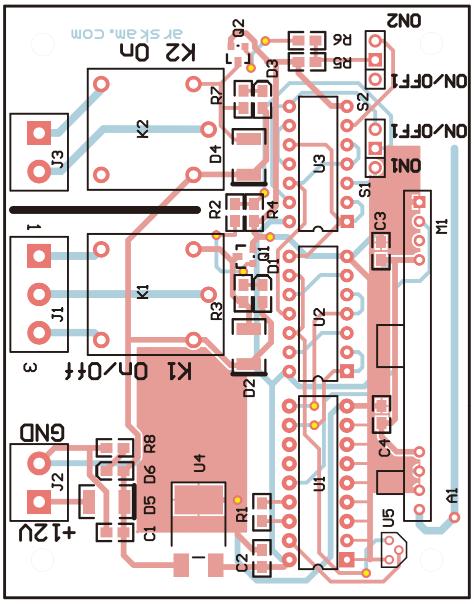
W trybie stabilnym dwoma przyciskami nadajnika sterowany jest jeden przekaźnik K1. W tym trybie zwory powinny być ustawione w pozycji ON/OFF1.

Ponieważ przekaźnik ma pozostać w stanie stabilnym nawet po zaniku transmisji musi istnieć układ pamiętający i podtrzymujący aktualny stan przekaźnika do czasu odbioru kolejnej transmisji. Taką elementarną komórkę pamięci stanowią połączone bramki U3-C, U3-D.

Układ działa przy założeniu, że wyprowadzenia sterujące U3-10,12 w stanie nieaktywnym pozostają ustawione. Przełączenie układu nastąpi po podaniu poziomu niskiego na odpowiednie wejście sterujące. Układ przełączy się pozostając w stanie stabilnym, co znaczy, że podanie kolejnych ujemnych impulsów na to samo wejście niczego nie zmienia. Dopiero podanie poziomu niskiego na drugie wejście spowoduje przełączenie się układu, który znów znajdzie się w stanie stabilnym.



Rysunek 7. Schemat montażowy nadajnika



Rysunek 8. Schemat montażowy odbiornika

Dzięki temu tylko naprzemienne naciskanie przycisków nadajnika będzie powodować przełączanie przekaźnika K1.

Układ U5

Użycie układu U5 może stanowić przykład na to, że podczas pracy zawsze mogą pojawić się nieprzewidziane problemy zmieniające pierwotne założenia. W tym wypadku w czasie uruchamiania układu przełącznika stwierdziłem, że na wyjściu VT dekodera niekiedy pojawiają się przypadkowe impulsy o czasie trwania 10…50 ms. Impulsy pojawiały się losowo i pogarszały działanie przełącznika. Ponieważ nie udało mi się odkryć przyczyny, jedyną możliwością pozostało wyeliminowanie szkodliwych impulsów. Zastosowanie filtru dolnoprzepustowego RC nie było dobrym rozwiązaniem. Mógł on znacząco pogorszyć zbocza prawidłowych impulsów z wyjścia VT. Wtedy przypomniałem sobie o układach zerujących, które jeszcze niedawno masowo stosowano w układach mikroprocesorowych. Ich zadaniem było zapewnienie prawidłowego zerowania procesora po włączeniu zasilania lub w wypadku, gdy nastąpią wahania zasilania. Układ działa w ten sposób, że dopóki napięcie zasilania nie osiągnie wartości nominalnej na jego wyjściu pojawia się np. poziom niski zerując mikroprocesor. Gdy napięcie się ustabilizuje układ przez pewien czas np. 300 ms utrzymuje

Wykaz elementów

Nadajnik

Rezystory: (SMD 0805)
R1: 1 MΩ
R2: 1 kΩ
R3: 10 kΩ
R4: 3,3 kΩ
Półprzewodniki:
D1: BAR43A (SOT-23)
D2: L-34ID
Q1: BC857 (SOT-23)
U1: HT12E-20 (SOL-20)
Inne:
SW1, SW2: mikroprzycisk
A1: antena, np. odcinek drutu
U2: TX433N (moduł radiowy)

Odbiornik

Rezystory:
R1: 47 kΩ
R2, R6: 3,3 kΩ
R3, R7, R8: 4,7 kΩ
R4, R5: 100 kΩ
Kondensatory:
C1, C2: 1 μF (SMD 0805)
C3, C4: 100 nF (SMD 0805)
Półprzewodniki:
D1: dioda LED SMD, czerwona
D2, D4, D5: DO-213AB
D3, D6: dioda LED SMD, zielona
Q1, Q2: BC847 (SOT-23)
U1: HT12D-18 (DIP18)
U2, U3: 74HC00 (DIP14)
U4: 78N05 (TO-252)
U5: DS1813 (TO-92A)
Inne:
A1: antena, np. odcinek drutu
J1: DG308-2.54/3
J2, J3: DG308-2.54/2
K1, K2: JZC-6F
M1: RX433N (moduł radiowy)
S1, S2: goldpiny ze zworkami

na wyjściu poziom zerujący, po czym automatycznie przełącza je w stan przeciwny. Taki sposób działania sprawia, że układy zerujące mogą działać jak dyskryminatory (filtry) krótkich sygnałów. Podanie sygnału z wyjścia VT na wejście U5-2 nie zmienia natychmiast stanu wyjścia U5-1. Dopiero, jeśli czas trwania impulsu przekroczy 150…300 ms na wyjściu U5-1 pojawi się poziom wysoki. Trwający krócej impuls zakłócający nie pojawi się na wyjściu U5-1 i zostaje wyeliminowany.

Montaż i uruchomienie

Schematy montażowe płytek nadajnika i odbiornika pokazano na **rysunkach 7** i **8**. Płytkę nadajnika zaprojektowano do montażu w obudowie pilota KMP12. Ponieważ jest to obudowa tylko z jednym przyciskiem należy ją poddać niewielkiej obróbce mechanicznej. Trzeba w górnej części obudowy wywiercić otwór dla popychacza drugiego mikro przycisku SW2. Poprzez wywiercony otwór popychacz będzie wystawał ponad płaszczyznę obudowy. Jako SW2 należy zastosować mikro przycisk z popychaczem o długości ok 5 mm. Z kolei przycisk SW1 powinien być jak najniższy. Dla typowego mikro przycisku z popychaczem 1…2 mm może okazać się konieczne zeszlifowanie od spodu plastikowego klawisza obudowy umieszczonego nad tym przyciskiem. Układ nadajnika U2 należy zamontować na płytce drukowanej poziomo.

Do zasilania należy użyć typowej baterii do pilotów samochodowych np. L1022 o napięciu 9 V lub mniejszej o napięciu 6 V. Do płytki drukowanej należy przylutować paski sprężystej blaszki, które będą pełniły rolę kontaktów baterii. W modelu użyto blaszki ze styków większych złącz. Wymiary obudowy po zamknięciu i wycięcie w płytce drukowanej skutecznie unieruchamiają baterię i nie jest potrzebne dodatkowe jej mocowanie. Dioda 3 mm LED D2 powinna zostać wlutowana bezpośrednio pod oryginalny otworem w obudowie.

Do odbiornika z przekaźnikami nie przewidziano obudowy. Pod układy scalone polecam zastosowanie podstawek, co ułatwi ich ewentualną wymianę. Należy zwrócić uwagę na montaż modułu odbiornika radiowego, ponieważ ma on symetrycznie rozłożone wyprowadzenia i łatwo o pomyłkę. Moduł powinien być wlutowany pionowo z cewkami zwróconymi w kierunku układów scalonych na głównej płytce drukowanej.

Układ U5, czyli DS1813, powinien być przeznaczony do przy napięciu zasilania 4,75…4,85 V.

Odbiornik należy zasilić napięciem stałym o wartości niezbędnej dla prawidłowej pracy przekaźników, czyli w praktyce 9…12 V. Gniazdo J2 jest zabezpieczone przez diodę D5 przed podaniem zasilania o błędnej polaryzacji.

Wspomagając się podanymi wcześniej informacjami uruchomienie układu nie powinno być zbyt trudne. Nadajnik powinien działać prawidłowo, jeżeli po naciśnięciu któregokolwiek przycisku zaświeci się dioda LED. W tym momencie na wyjściu VT układu U1 odbiornika powinien pojawić się poziom wysoki o napięciu bliskim +5 V. Stanie się tak, jeżeli zostaną spełnione trzy warunki: odbiornik jest zasilany, nadajnik i odbiornik znajdują się w zasięgu oraz wyprowadzenia adresowe nadajnika i odbiornika są tak samo ustawione. W projekcie płytek nadajnika i odbiornika wszystkie ich wyprowadzenia adresowe są zwarte do masy i jeżeli nie zostało to zmienione urządzenia powinny się ze sobą komunikować.

Wyboru pomiędzy trybem pracy astabilnym i stabilnym dokonuje się poprzez zmianę ustawień zwór S1 i S2 na płytce odbiornika.

Ryszard Szymaniak, EP